



## LNG 码头系缆墩平面布置

宋伟华, 叶 剑, 杨晓婷

(中交第四航务工程勘察设计院有限公司, 广东 广州 510290)

**摘要:** 球罐型 LNG 船在全球 LNG 船舶中占比达到 22%。其中, 5 个球罐的 LNG 船因其管汇位置与 OCIMF 规定存在很大差异, 导致船舶不得不偏心靠泊, 因此在对称码头布置情况下的系缆效果较差。通过实例分析对比, 研究代表船型在对称和不对称码头布置情况下的系缆情况, 得出非对称的平面布置能更好地适应球罐型 LNG 船的系缆; 非对称布置码头在兼顾非球罐型 LNG 船系缆的前提下, 提高了球罐型 LNG 船的系缆效果, 提升了整个码头的靠泊兼容性。

**关键词:** LNG 码头; 平面布置; 球罐型; 系缆墩

中图分类号: U656.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)08-0092-05

### General layout of mooring dolphin in LNG terminal

SONG Weihua, YE Jian, YANG Xiaoting  
(CCCC-FHDI Engineering Co., Ltd., Guangzhou 510290, China)

**Abstract:** The Moss-type LNG ship accounts for 22% in global LNG carriers. Among them, the manifold of LNG ship with five spherical tanks has a very different position from the OCIMF criteria, resulting in the off-centered berth, and the mooring effect is poor in the case of symmetrical dock arrangement. Through the comparison of examples, the mooring conditions of the representative ship type under the condition of symmetrical and asymmetrical general layout are studied. It is concluded that the asymmetric general layout can better adapt to the mooring of Moss-type LNG ship. Under the premise of taking into account the mooring of non-Moss-type LNG ship, the asymmetric arrangement of wharf improves the mooring effect of Moss-type LNG ship and the berthing compatibility of the whole terminal.

**Keywords:** LNG terminal; general layout; Moss-type; mooring dolphin

随着我国整体环保意识的不断提高, 相关能源政策也层出不穷。液化天然气(liquefied natural gas, LNG)作为一种较为环保的能源得到越来越高的重视。通常, 气源地的天然气经过深冷工艺加工成天然气液体, 然后通过 LNG 船跨洋运输到目的地。其中, LNG 码头作为 LNG 运输的衔接点, 对船舶停靠和装卸安全至关重要。因此, 我国 LNG 码头建设发展迅速, 在建和已建数量超过 20 个。针对我国液化天然气码头的现状和发展, 杨波等<sup>[1]</sup>系统分析了多个典型 LNG 码头的系缆墩及靠船墩布置、登船梯、卸料臂。朱忠余等<sup>[2]</sup>以浙江

LNG 码头为例, 结合科研试验, 研究总平面布置的特点。黄高新<sup>[3]</sup>针对靠船墩位置研究了大型液化天然气码头的平面布置。覃杰等<sup>[4]</sup>对大型孤岛式油气码头的设计要点进行了分析。此外, 朱忠余等<sup>[5]</sup>、郝忠毅<sup>[6]</sup>、成崇华等<sup>[7]</sup>均针对油气码头的平面布置进行了深入研究。

笔者初步分析了国内多个 LNG 码头, 发现部分码头的平面布置是对称的。同时, 考虑到球罐型 LNG 船的存在, 尤其是 5 个球罐的 LNG 船通常偏心靠泊, 对系缆提出新的要求。通过实例研究对称和不对称码头布置的系缆情况, 得出适应球

收稿日期: 2024-03-20

作者简介: 宋伟华 (1987—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事港口工程设计工作。

罐型 LNG 船系统的平面布置, 以期为港口工程设计提供参考。

## 1 研究背景

我国为全球 LNG 的主要进口国, 所建 LNG 码头主要为接卸码头, 大部分设计船型为 8 万~26.6 万  $\text{m}^3$  LNG 船。其中, 最大船型为卡塔尔公司拥有的 Q-Max 船型。已建成的个别码头考虑了 LNG 国内沿海转运和小型 LNG 船的内河运输, 设计船型向下兼顾 1 万  $\text{m}^3$  LNG 船。通过对多个 LNG 码头的分析, 发现部分 LNG 码头呈现左右对称布置的特点, 见图 1。由图可知, 3 个码头的系缆墩都是关于码头中心左右对称布置。考虑到球罐型 LNG 船的存在, 尤其是 5 个球罐的 LNG 船通常偏心靠泊, 系缆墩对称布置的适应性相对较差。

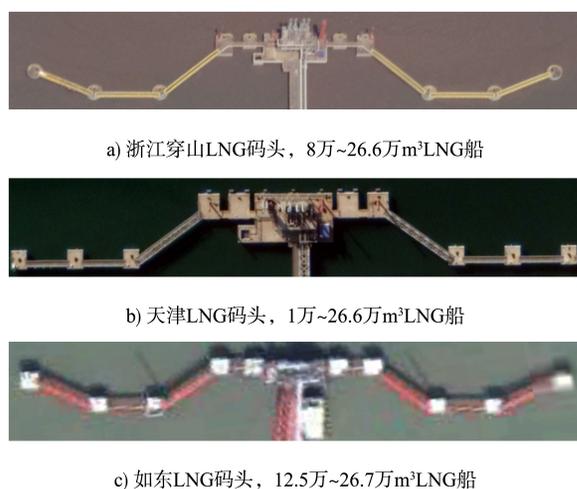


图 1 对称布置的 LNG 码头

## 2 设计船型分析

### 2.1 舱容

我国大型码头的设计船型主要集中在 8 万~26.6 万  $\text{m}^3$  LNG 船。笔者研究 Clarkson 数据库资料, 针对 LNG 船的舱容进行统计分析, 见表 1。由表可知, 全球 8 万~12 万  $\text{m}^3$  LNG 船只有 2 艘, 占比非常小。因此, 如东 LNG 码头(图 1)的设计船型采用 12.5 万~26.7 万  $\text{m}^3$  LNG 船, 与浙江穿山 LNG 码头只有 2 艘船的差异。同时, 考虑到 LNG 运输的经济性, 从气源地到我国的 LNG 船舱容不宜太小, 大型 LNG 码头设计船型选择 8 万~

26.6 万  $\text{m}^3$  是合理的。此外, 如东 LNG 码头采用的最大设计船型的舱容为 26.7 万  $\text{m}^3$ , 和浙江穿山 LNG 码头、天津 LNG 码头采用的 26.6 万  $\text{m}^3$  不一致, 是由于不同数据来源的误差, 本质上均为卡塔尔公司拥有的 Q-Max 船型。

表 1 全球 LNG 船舱容分布

舱容范围/ $\text{万 m}^3$	1~8	8~12	12~15	15~20	20~26.6
船舶数量/个	44	2	217	222	46

### 2.2 外形

LNG 储罐是独立于船体的特殊构造, 储罐形式对 LNG 船的设计影响很大, 目前 LNG 船储罐有自撑式和薄膜式 2 种形式。

自撑式包括 A、B 型。A 型为棱形或称为 IHI SPB, 设置完整的二级防漏隔层, 以防护全部货物泄漏, 专利属于日本石川岛播磨重工公司; B 型为球形, 设置部分二级防漏隔层, 以防护少量货物泄漏, 专利属于 KVANERNER MOSS 公司。其中, 球罐型在自撑式中的占比最高。

薄膜式又可分为 Technigaz 和 Gaz-Transport 2 种。前者货舱内壁为波纹形, 可加工许多预制件, 缩短造船时间, 由于保温层较薄, 相应货物装载量略大, 但保温材料价格高且采用粘接方式固定, 施工后不能改动, 对质量控制要求严格。后者选用厚 0.7 mm、宽 500 mm 的平板 INVAR 钢(36% 镍钢), 货舱内壁为平板形, 不可预制, 制造时间较长。两者专利均属于法国燃气公司的子公司——燃气海上运输及技术公司。两者共同特点是船主体尺寸较小、低温钢材用量少, 功率低、燃料消耗低, 船体可见度大、视觉宽、受风阻面积少。

船舶外形是影响 LNG 码头设计的主要因素。从外形角度划分, LNG 船主要分为球罐型和非球罐型 2 种, 见图 2。由图可知, 球罐型 LNG 船分为 4 个和 5 个球罐 2 种类型。管汇是 LNG 船上分布在船舶两侧的输送管线接口, 作为与码头上 LNG 装卸臂的对接媒介。根据 OCIMF 的规定, LNG 船的管汇中心和船舶纵向中心的偏差不应超过 5 m<sup>[8]</sup>。通常, 非球罐型 LNG 船的管汇中心和船舶纵向中心的偏差在 5 m 之内。但对球罐型的

LNG 船，由于管汇必须放置在两个球罐中间的三角形空间，故管汇中心较难满足 OCIMF 的要求。其中 4 个球罐 LNG 船的管汇中心偏离船舶中心的距离较小；5 个球罐 LNG 船的管汇中心偏离船舶

中心的距离较大，将导致船舶不得不偏靠，对靠泊和系缆都造成了极大的影响。经统计，全球共有 107 艘球罐型 LNG 船，主要集中在 12.5 万 ~ 15 万 m<sup>3</sup>，占全球 LNG 船总数的 22%。

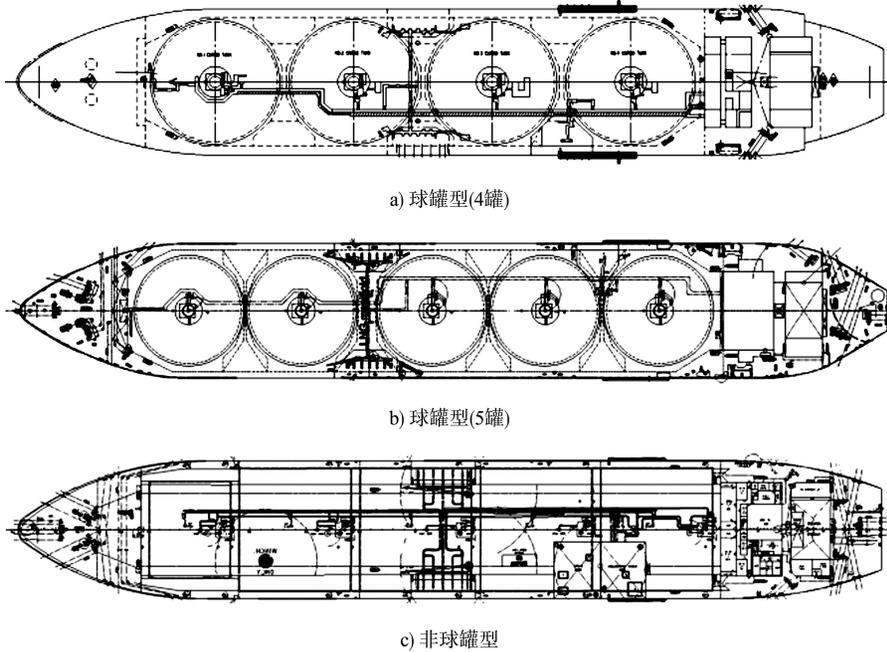


图 2 LNG 船外形分类

### 3 码头系缆布置

#### 3.1 对称码头

以 8 万 ~ 26.6 万 m<sup>3</sup> LNG 船作为设计船型进行分析，选择 3 个代表船型，其中包括 2 个球罐型船，见表 2。

表 2 代表船型

代表船型	船长/m	船宽/m	满载吃水/m
26.6 万 m <sup>3</sup> 非球罐型	345	53.8	12.0
8 万 m <sup>3</sup> 球罐型(4 罐)	248	35.0	9.5
13.7 万 m <sup>3</sup> 球罐型(5 罐)	298	45.8	11.2

根据 JTS 165—2013《海港总体设计规范》<sup>[9]</sup> 规定，单个蝶形布置泊位长度可取 1.1~1.3 倍的设计船长，2 个靠船墩中心间距可为设计船长的 30%~45%，当兼靠船型范围较大时，可以增设辅助靠船墩。因此，按 1.2 倍设计船型长度作为码头长度(414 m)，并考虑 4 个靠船墩，如图 3 所示，包括 1 个工作平台、4 个靠船墩和 6 个系缆墩。其中，工作平台上设置 5 个装卸臂，位于工作平台正中。

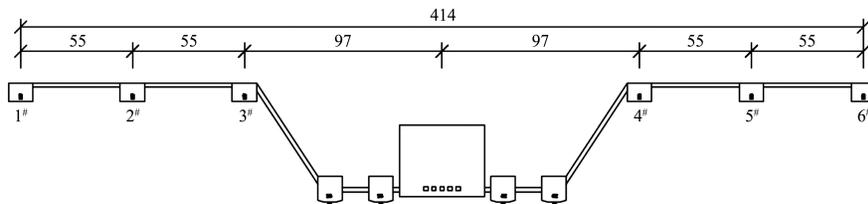


图 3 对称布置的 LNG 码头 (单位: m)

基于对称布置的 LNG 码头，选用 3 种代表船型的实船图，靠泊原则是 LNG 船上的管汇中心

对准工作平台上的装卸臂中心，按常规方式系缆，图 4 为 3 种代表船型的系缆布置。图 4a) 中，

26.6 万 m<sup>3</sup>LNG 船的系缆布置整体较为合理, 只是 4<sup>#</sup> 系缆墩的缆绳与码头前沿线夹角过小, 不能很好发挥横缆的作用。图 4b) 中, 8 万 m<sup>3</sup>LNG 船有 4 个球罐, 管汇偏离船体中心较小, 整体系缆布置很好, 各缆绳与码头前沿线夹角适宜。图 4c) 中, 13.7 万 m<sup>3</sup>LNG

船因有 5 个球罐, 管汇严重偏离船体中心, 导致 1<sup>#</sup> 系缆墩的首缆和 4<sup>#</sup> 系缆墩的横缆角度不合理。因此, 对称布置的码头对 5 个球罐 LNG 船的系缆相对较差。球罐型 LNG 船(5 罐) 严重偏向码头右侧, 可以通过移动系缆墩位置优化系缆。

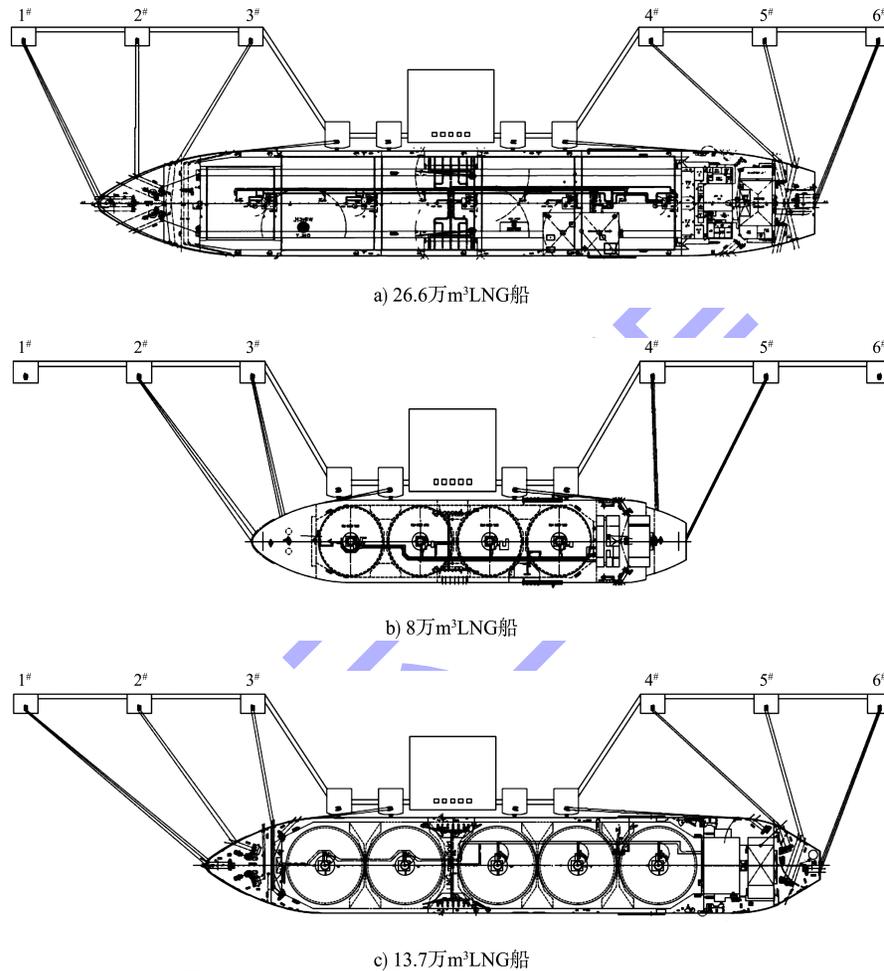
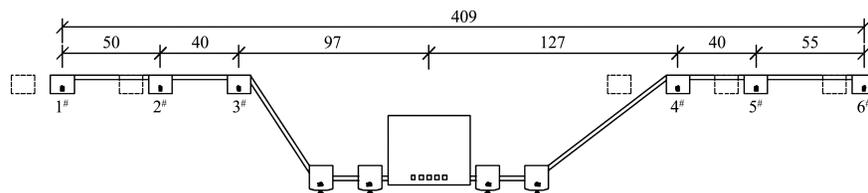


图 4 3 种代表船型的系缆布置

### 3.2 非对称码头

系缆墩位置的调整原则: 在保证 26.6 万 m<sup>3</sup> 和 8 万 m<sup>3</sup> 球罐型 LNG 船(4 罐) 合理系缆的前提下, 尽量将系缆墩向右侧即船尾移动, 优化 13.7 万 m<sup>3</sup> 球罐型 LNG 船(5 罐) 的系缆。系缆墩位置需不断

调整、尝试, 直到系缆墩位置在各船型间找到一个平衡点。图 5 为调整后的系缆墩布置, 3<sup>#</sup> 系缆墩位置不变, 其他 5 个系缆墩均向右侧移动, 并调整了相邻系缆墩的间距。



注: 虚线所示为对称布置情况下的系缆墩位置。

图 5 非对称布置的 LNG 码头 (单位: m)

基于非对称布置的LNG码头，选用相同的3个代表船型实船靠泊在泊位上，得到图6的系缆布置。图6a)中，26.6万m<sup>3</sup>LNG船4<sup>#</sup>系缆墩的缆绳与码头前沿线夹角增大，使横缆能充分发挥作用。图6b)中，8万m<sup>3</sup>球罐型LNG船(4罐)的系缆布置仍旧良好。图6c)中，13.7万m<sup>3</sup>球罐型LNG

船(5罐)的1<sup>#</sup>系缆墩首缆和4<sup>#</sup>墩系缆墩横缆角度明显增大，整体的系缆布置更为合理。在26.6万m<sup>3</sup>非球罐型和8万m<sup>3</sup>球罐型LNG船(4罐)合理系缆的前提下，达到优化13.7万m<sup>3</sup>球罐型LNG船(5罐)系缆的目的。

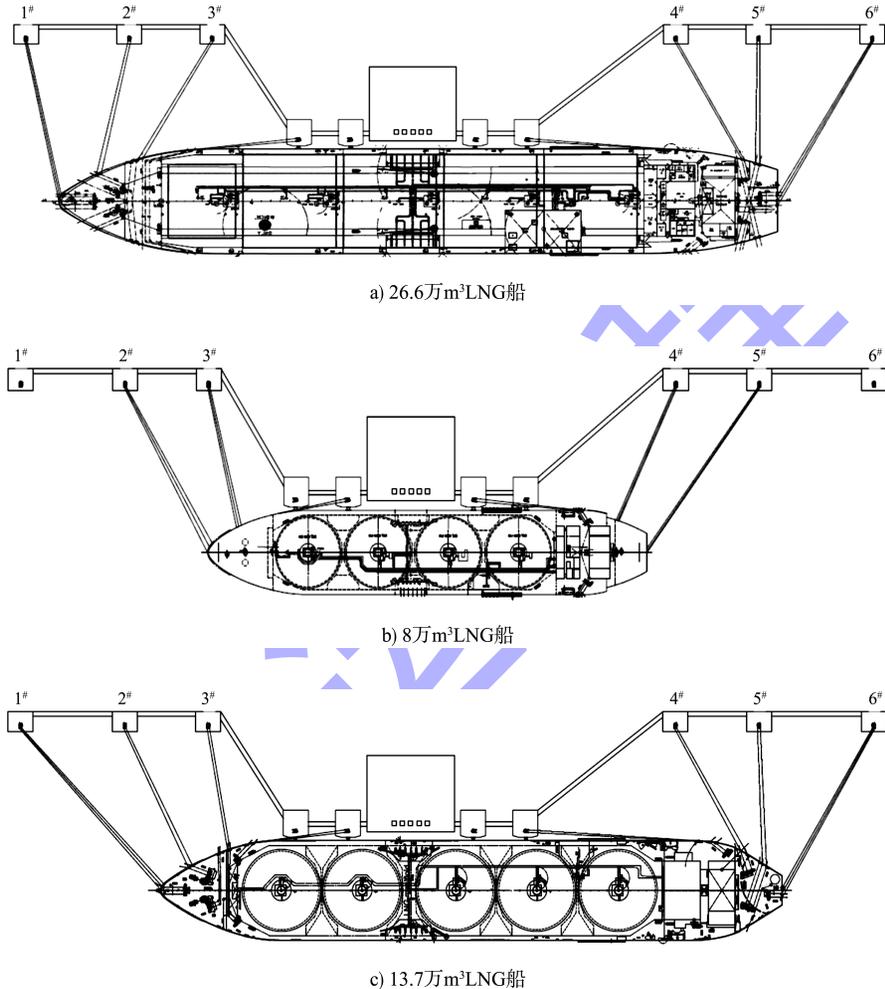


图6 优化后3种代表船型的系缆布置

4 结语

1) 通过LNG船舱容分析得出，我国接卸LNG码头通常采用8万~26.6万m<sup>3</sup>LNG船作为设计船型范围是合理的。

2) 通过LNG船外型分析可知，5个球罐的LNG船因管汇位置的特殊性，应在平面布置中重点考虑。

3) 通过比较对称布置系缆墩的LNG码头，根据实船情况进行系缆墩位置优化调整非对称布置码头，在兼顾非球罐型LNG船系缆的前提下，

提高了球罐型LNG船的系缆效果，提升了整个码头的靠泊兼容性。

参考文献：

[1] 杨波, 周毅, 牛志刚. 中国液化天然气码头现状与发展[J]. 江苏船舶, 2018, 35(1): 4-7, 46.  
 [2] 朱忠余, 靳如刚, 高峰. 浙江LNG码头总平面布置试验研究[J]. 水运工程, 2013(10): 102-106.  
 [3] 黄高新. 大型液化天然气码头靠船墩布置研究[J]. 港工技术, 2015, 52(5): 45-48.

(下转第180页)